

Navigation Tactile 3D Augmentée pour Mobiles

3D Data Navigation using Pressure-Augmented Touch Input

Xiyao Wang, Lonni Besançon, Mehdi Ammi et Tobias Isenberg

English Abstract—We present a pressure-augmented tactile 3D data exploration technique specifically designed for small devices. Our work is motivated by the need to support interactive visualization beyond traditional desktop workstations, especially on small portable devices. We evaluate our approach by comparing it with traditional 3D-RST (rotation, scaling, translation) using a docking task. We show that our technique increases the precision of interaction, with only little impact on interaction speed.

1 INTRODUCTION

Une interaction rapide et précise est essentielle pour obtenir des outils de visualisation efficaces [6], [7], [11] : en changeant la vue de façon interactive, les utilisateurs s’immergent pour explorer et comprendre les données qu’ils visualisent. Au-delà du poste de travail traditionnel, l’interaction tactile directe offre des avantages importants, notamment sa rapidité et sa directivité [3], [4], [9]. La plupart des techniques d’interaction 3D tactile existantes reposent sur l’utilisation de plusieurs doigts, l’intégration de plusieurs degrés de liberté (DOF pour *degree of freedom*) ou l’utilisation de gadgets sur l’écran. Les appareils mobiles, cependant, sont limités à un écran relativement petit. Ces techniques peuvent être causes d’occultations de l’écran ou de diminution de la précision de contrôle.

Afin de s’affranchir de ces limites, nous étudions dans cette soumission la combinaison de l’interaction tactile avec d’autres paradigmes d’interaction. Dans le passé, l’interaction tactile a été combinée, par exemple, avec des dispositifs géo-localisés [2], [10] ou avec des gestes [8] pour faciliter certaines manipulations. Sur les appareils mobiles, les chercheurs ont également tenté d’utiliser la pression tactile. Bien que ces techniques aient fait l’objet d’une évaluation positive, la plupart d’entre elles demande des unités de détection fabriquées sur mesure (e.g., [1], [5]), ce qui limite leur adaptation. De plus, une telle combinaison a été rarement étudiée pour la manipulation en 3D. En fait, la détection de pression tactile est déjà largement offerte par les récents appareils mobiles. Son usage, en revanche, reste ponctuel/spartiate, et les possibilités qu’elle offre sont encore très peu explorées. Nous

l’utilisons ici pour le contrôle de différents DOF pour la navigation de données 3D. En particulier, l’ajout de la pression nous permet de séparer certains DOF d’une part et d’aborder le problème d’occlusion en limitant le nombre de doigts et de gadgets sur l’écran.

2 CONCEPTION

Nous nous inspirons du 3D-RST, la technique la plus utilisée sur mobiles pour la manipulation 3D [3] : les utilisateurs effectuent des rotations sur x/y en déplaçant un seul doigt, translations selon x/y en déplaçant deux doigts en parallèle. Les rotations autour de l’axe z se font en faisant tourner deux doigts autour d’un point donné, et les déplacements le long de l’axe z en pinçant deux doigts. À l’aide de la pression, nous avons conçu un schéma qui permet aux utilisateurs de sélectionner différents DOF où la pression est utilisée pour distinguer les modes, et non comme une interaction primaire. Nous distinguons seulement des forces binaires (légère et forte). La pression n’est utile qu’au début : une fois le mode sélectionné, toutes les manipulations peuvent être effectuées avec une pression normale. Spécifiquement (cf Fig. 1), un appui léger (*light touch*) initie les rotations sur x/y , tandis qu’un appui fort (*hard touch*) démarre les translations selon x/y . Deux appuis légers simultanés déclenchent une translation selon z . Pour les rotations autour de l’axe z , l’utilisateur effectue d’abord un appui fort avec un seul doigt, puis pose le deuxième doigt pour commencer la manipulation.

Pour que les utilisateurs soient conscients du mode d’interaction, nous avons ajouté un retour visuel et haptique. Pour le premier (cf Fig. 2), nous utilisons différentes couleurs de fond pour indiquer le mode d’interaction, ce qui permet de ne pas s’appuyer sur un widget visuel qui monopoliserait l’espace d’affichage déjà restreint d’un mobile. Pour le feedback haptique, une courte vibration est émise lors du passage d’un toucher léger à un toucher fort. Le seuil de pression permettant de passer d’un mode à l’autre est d’abord calibré pour chaque utilisateur et peut être modifié manuellement par la suite.

- Xiyao Wang : Inria et Université Paris-Saclay
E-mail: xiyao.wang23@gmail.com.
- Lonni Besançon : Linköping University et Université Paris-Saclay
E-mail: lonni.besancon@gmail.com.
- Mehdi Ammi: Limsi CNRS
E-mail: mehdi.ammi@limsi.fr.
- Tobias Isenberg: Inria et Université Paris-Saclay
E-mail: tobias.isenberg@inria.fr.

3 EXPÉRIENCE

Nous avons comparé notre technique avec le 3D-RST fréquemment utilisé sur les mobiles. Nous avons choisi de demander aux utilisateurs d'amener un objet virtuel à une position et une orientation cible, qui comprend des translations en 3 DOF et des orientations en 3 DOF. 3 facteurs de gain différents ont été testés pour vérifier s'ils ont un impact sur la performance des techniques. Notre expérience est intra-sujet avec un total de 6 conditions (3 facteurs de gain \times 2 techniques). Nous avons utilisé 12 essais par technique et par facteur de gain et l'ordre des essais a été contrebalancé pour tenir compte des effets d'apprentissage et de la fatigue.

Nous avons recruté 24 participants non rémunérés (8 femmes ; âges 22-53, moyenne 30,9, médiane 26, écart-type = 10,4). L'étude est effectuée sur un iPhone 7 (4,7 pouces, 750 \times 1334 pixels, 326 ppi, iOS 10.0.0). Pendant l'expérience, le mobile était posé sur une table, en mode paysage. Les participants ont d'abord reçu des explications sur une technique, suivie d'une phase d'apprentissage d'une durée illimitée. Après avoir fini les essais pour une technique, nous avons répété la même procédure pour la technique suivante. Avant, entre et après chaque technique, les participants ont du remplir des questionnaires spécifiques pour recueillir plus d'informations quantitatives, notamment concernant la fatigue et la charge mentale de chacune des techniques.

4 RÉSULTATS ET CONCLUSION

Nous enregistrons des données quantitatives (temps, distance euclidienne à la cible, distance angulaire à la cible, mesure de la charge de travail et de la fatigue.) et qualitatives ainsi que des observations sur l'utilisation des deux techniques. Les résultats statistiques montrent que le temps est plus court avec la technique 3D-RST qu'avec notre technique dans tous les cas mais la précision (en distance euclidienne et angulaire) s'améliore avec notre technique. Les données récoltées sur la demande mentale, la demande temporelle, la frustration et les notes de performances ne montrent aucune preuve d'une différence entre les deux techniques alors que la demande physique peut être plus élevée avec la nôtre. Les participants pensent néanmoins que l'effort est plus élevé pour notre technique que pour le 3D-RST. Cela peut s'expliquer par le fait que notre technique est nouvelle et doit être apprise et mémorisée alors que le 3D-RST est bien plus courant. Même ainsi, les différences entre ces deux techniques au niveau de charge de travail sont minimales.

Avec notre technique, nous pouvons réduire les problèmes d'occultation souvent rencontrés avec des techniques de plus de deux doigts sur de petits écrans sans avoir besoin de recourir à l'intégration de plusieurs DOF, et nous pouvons utiliser tout l'espace

de l'écran pour la visualisation des données. Les résultats et nos participants confirment qu'une telle séparation des DOF conduit à une meilleure précision. Ces résultats peuvent être d'une importance critique pour certains domaines scientifiques spécifiques qui s'appuient sur l'exploration interactive de données visuelles.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Sarkis Halladjian pour ses relectures et suggestions.

REFERENCES

- [1] L. Besançon, M. Ammi, and T. Isenberg. Pressure-based gain factor control for mobile 3D interaction using locally-coupled devices. In *Proc. CHI*, pages 1831–1842, New York, 2017. ACM.
- [2] L. Besançon, P. Issartel, M. Ammi, and T. Isenberg. Hybrid tactile/tangible interaction for 3D data exploration. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(1):881–890, Jan. 2017.
- [3] L. Besançon, P. Issartel, M. Ammi, and T. Isenberg. Mouse, tactile, and tangible input for 3D manipulation. In *Proc. CHI*, pages 4727–4740, New York, 2017. ACM.
- [4] C. Forlines, D. Wigdor, C. Shen, and R. Balakrishnan. Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays. In *Proc. CHI*, pages 647–656, New York, 2007. ACM.
- [5] S. Heo and G. Lee. Forcedrag: Using pressure as a touch input modifier. In *Proc. OzCHI*, pages 204–207, New York, 2012. ACM.
- [6] T. Isenberg. Interactive exploration of three-dimensional scientific visualizations on large display surfaces. In C. Anslow, P. Campos, and J. Jorge, editors, *Collaboration Meets Interactive Spaces*, chapter 6, pages 97–123. Springer, Berlin/Heidelberg, 2016.
- [7] D. F. Keefe. Integrating visualization and interaction research to improve scientific workflows. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30(2):8–13, Mar. 2010.
- [8] K. Kim, J. Kim, J. Choi, J. Kim, and S. Lee. Depth camera-based 3D hand gesture controls with immersive tactile feedback for natural mid-air gesture interactions. *Sensors*, 15(1):1022–1046, 2015.
- [9] S. Pelurson and L. Nigay. Bimanual input for multiscale navigation with pressure and touch gestures. In *Proc. ICMI*, pages 145–152, New York, 2016. ACM.
- [10] H. Sollich, U. von Zadow, T. Pietzsch, P. Tomancak, and R. Dachsel. Exploring time-dependent scientific data using spatially aware mobiles and large displays. In *Proc. ISS*, pages 349–354, New York, 2016. ACM.
- [11] J. S. Yi, Y. a. Kang, and J. Stasko. Toward a deeper understanding of the role of interaction in information visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(6):1224–1231, Nov 2007.

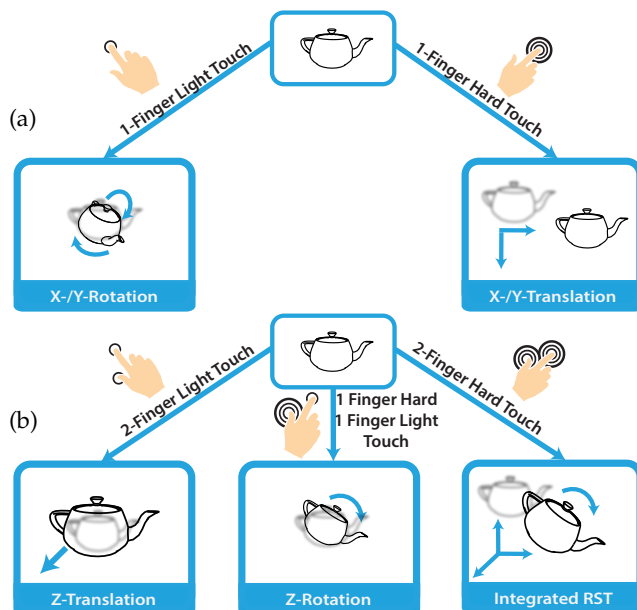


Fig. 1. Illustration du schéma des manipulations: (a) mouvements d'un seul doigt et (b) mouvements de deux doigts.

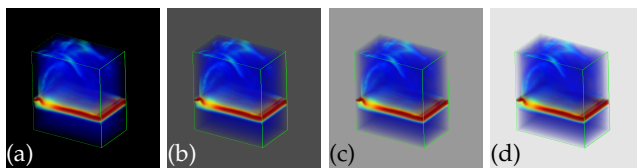


Fig. 2. Illustration du retour visuel pour les données volumétriques: (a) fond noir sans appui; (b) fond gris foncé pour le mode d'appui léger; (c) fond gris clair pour le mode d'appui fort; et (d) fond quasi-blanc pour le mode RST intégré (deux appuis forts). Une couleur plus brillante est liée à plus de force, nous avons choisi de ne changer que la perception de la luminosité.